

(12) **EUROPAISCHE PATENTANMELDUNG**

(43)! Veröffentlichungstag:
27.09.2000! Patentblatt! 2000/39

(51)!Int.!C|7: **A61!B!18/18**

(21) Anmeldenummer: 00250088.2

(22) Anmeldetag: 09.03.2000

(84)! Benannte! Vertragsstaaten:
AT!BE!CH!CY!DE!DK!ES!FI!FR!GB!GR!IE!LT!LU
MC!NL!PT!SE
 Benannte! Erstreckungsstaaten:
AL!LT!LV!MK!RO!SI

(72) Erfinder: **Conrady, Jürge**
13051 Berlin (DE)

(74) Vertreter:
Effert, Bressel und Kollegen
Radickestrasse 48
12489 Berlin (DE)

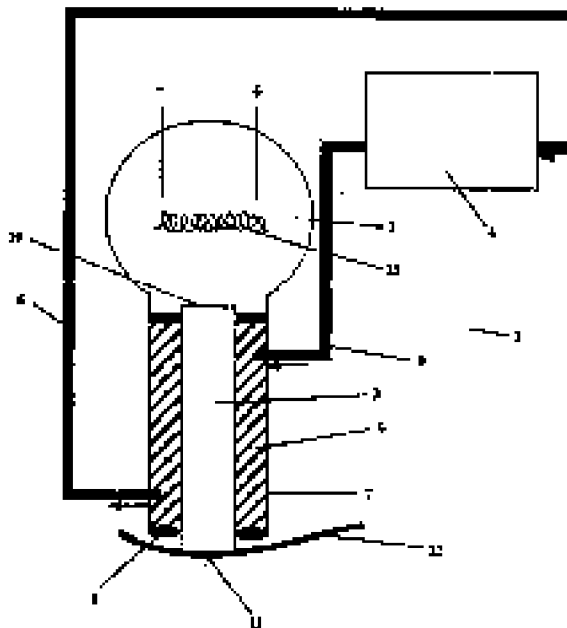
(30)!Prioritat: 23.03.1999!DE!19914108

(71)!Anmelder: **PlasmaPhotonics!GmbH**
12489!Berlin!(DE)

(54) Bestrahlungsanordnung, insbesondere zur optischen Thermolyse

(57) Die! Erfindung! betrifft! eine! Bestrahlungsanordnung! (1)! insbesondere! zur! optischen! Thermolyse umfassend! eine! nichtkohärente! NIR-Lichtquelle! (2), einen! der! NIR-Lichtquelle! (2)! zugeordneten! Lichtwellenleiter! (3)! and! eine! Kühleinrichtung! (4),! wobei! der Lichtwellenleiter! (3)! einstückig! aus! einem! massiven Saphir! oder! Quarz! gebildet! ist,! um! dessen! Umfang! mindestens! teilweise! ein! in! einem! geschlossenen! Kahlkreislauf! befindliches! Kühlmittel! sich! befindet.

Pig.!!



Beschreibung

10001] Die! Erfindung! betrifft! eine! Strahlungsanordnung! insbesondere! zur! optischen! Thermolyse! umfassend eine nichtkohärente NIR-Lichtquelle, einen Lichtwellenleiter! und! eine! Kühleinrichtung! zur! Kühlung der! oberen! Hautschichten! und! eine! pulsare! NIR-Lichtquelle.

[0002] Der! spektrale! Bereich! zwischen! ca.! 700! und 1.300! nm! ist! für! verschiedene! dermatologische! und such! bildgebende! Anwendungen! sehr! interessant! da! in diesem! Spektralbereich! eine! nur! noch! geringe! Absorption! durch! den! Hautfarbstoff! Melanin! erfolgt! und! somit eine! große! Eindringtiefe! der! Strahlung! in! diesem! Wellenlängenbereich! gewährleistet! ist! Mögliche! Lichtquellen, die diesen Spektralbereich abdecken, sind Neodym-YAG-Laser! sowie! GaAs-Laserdioden! Dar! hinaus! finden! nichtkohärente! Lichtquellen! wie! beispielsweise! Xenon-Hochdrucklampen! Verwendung.

[0003] Obwohl! die! Absorption! des! Blutfarbstoffs! im nahen! Infrarot! um! mehrere! Größenordnungen! geringer ist! als! im! sichtbaren! Bereich! sind! doch! die! Absorptionsunterschiede! zum! umliegenden! Gewebe! so! stark! da! eine! selektive! Erwärmung! von! bestimmten! Gefäßen durch! NIR-Strahlung! möglich! ist! Beispielsweise! beträgt die! Eindringtiefe! von! Nd-YAG-Strahlung! bei! einer! Wellenlänge! von! 1061 nm! in! Haut! 4! mm! und! in! Blut! 0,8! mm (Berlien, Muller! -! Angewandte! Lasermedizin! III! -! 3.1.33, Tab. 6! I, EcoMed-Verlag! 1997)! Bei! den! interessierenden! Gefäßen! handelt! es! sich! beispielsweise! um! erworbene! Gefäßmißbildungen! aus! dem! Varikosiskomplex (Krampfaden)! Die! Erwärmung! des! Gefäßlumens! beispielsweise! durch! Gefäßabsorption! führt! zu! einer Schädigung! des! Gefäßendothels! Hierdurch! sinken! die vom! Endothel! abgegebenen! gerinnungshemmenden Faktoren! wie! Stickoxid! (NO)! sowie! Prostacyclin! (PGI₂) ab! Thrombozyten! lagern! sich! an! der! Gefäßwand! an und! bilden! schließlich! einen! aus! Erythrozyten! und Thrombozyten! bestehenden! das! Gefäß! verschließenden! roten! Thrombus! Jetzt! fließt! durch! die! Krampfader kein! Blut! mehr! und! im! weiteren! Verlauf! wird! dieser Thrombus! von! Bindegewebe! durchwachsen! und! somit das! Gefäß! verodet.

[0004] Bei! der! Behandlung! oberflächlicher! Gefäßveränderungen! reicht! es! oft! aus! ohne! externe! Kühlung auszukommen! da! infolge! der! kurzen! Impulszeiten! eine gewebschädigende! Wärmeausbreitung! in! das! umliegende! Hautgewebe! ausbleibt! Will! man! jedoch! tieferliegende! Strukturen! wie! beispielsweise! Haarwurzeln, Ober! die! kritische! Temperatur! von! ca.! 80°C! erhitzen, ohne! die! oberen! Hautschichten! thermisch! zu! verletzen, so! ist! eine! externe! Kühlung! unabdingbar! die! die Absorptionswärme! der! Strahlung! aus! der! obersten Hautschicht! die! unverletzt! bleiben! soll! ableitet.

[0005] Aus! der! US-5,282,797! ist! eine! Bestrahlungseinrichtung! bekannt! umfassend! einen! NIR-Laser! einen Lichtwellenleiter! und! einen! mit! einem! Kühlmittel! gefüllten! Behälter! In! einer! bevorzugten! Ausführungsform! ist

der! Behälter! als! flexibler! Beutel! mit! einem! Zulauf! und einem! Ablauf! ausgebildet! und! in! einen! geschlossenen Kreislauf! eingebunden! Der! flexible! Beutel! wird! zwischen! der! Haut! und! dem! Lichtwellenleiter! angeordnet. Durch! die! flexible! Ausbildung! des! Beutels! paßt! sich! dieser! der! Umgebung! der! Haut! an! und! der! Lichtwellenleiter! kann! direkt! auf! den! Beutel! aufgesetzt! werden. Beutel! und! Kühlmittel! sind! transparent! für! die! NIR-Strahlung! ausgewählt! so! daß! diese! nahezu! ungeschwächt! auf! die! Haut! auftrifft! wobei! Ober! das! Kühlmittel! der! oberen! Hautschicht! Wärme! entzogen! wird! und somit! thermische! Schädigungen! der! oberen! Hautschicht! vermieden! werden! Nachteilig! an! den! bekannten! Bestrahlungsanordnungen! mit! NIR-Lasern! sind! die extrem! großen! Kosten! Ein! weiteres! Problem! stellen! die erforderlichen! ultralangen! NIR-Pulse! mit! einer! Pulslänge! von! beispielsweise! 50! -! 200! ms! mit! einer! Pulsenergie! von! beispielsweise! 50! -! 200! J! dar! die! nur! mit großem! Aufwand! zu! erreichen! sind! Um! in! mehreren! mm! Tiefe! noch! ausreichende! Energiedichten! zu! erreichen! wurde! es! erforderlich! die! Behandlungsfläche! auf mindestens! 1! cm² und! die! Pulslängen! auf! bis! zu! mehreren! 100! ms! zu! erhöhen.

[0006] Diese günstigen Behandlungsparameter kommen! den! physikalischen! Eigenschaften! eines Lasers! nicht! entgegen! Die! Pulszeiten! von! gutegeschalteten! Lasern! sind! so! kurz! daß! nur! kleinste! oberflächliche Strukturen! behandelt! werden! können! Für verschiedene! Hauterkrankungen! ist! die! gleichzeitige Behandlung! von! einem! oder! mehreren! cm² Hautoberfläche! günstig! Die! erforderliche! Strahl! aufweitung! von beispielsweise! 40.000! µm² auf! 1! cm² ist! mit! einem erheblichen! technischen! Aufwand! verbunden! und! hebt gleichzeitig! den! eigentlichen! lichtkonzentrierten! Lasereffekt! teilweise! auf.

[0007] Der! vergleichsweise! schlechte! Wirkungsgrad! der! Laser! bedingt! einen! erhöhten! technischen! Aufwand! so! daß! in! jüngster! Zeit! vermehrt! Laserdioden! eingesetzt! werden! bei! denen! eine! Vielzahl! einzelner! Laserdioden! von! beispielsweise! 1! -! 3! W! Ober! Einzelfaser! mit! dem! Einsatzort! verkoppelt! sind. Diodengepumpte! Festkörperlaser! aber! auch! nichtkohärente! Blitzlampen! haben! üblicherweise! Pulslängen im! ns! -! bis! ms-Bereich! so! daß! aufwendige! Resonatormodifikationen! für! längere! Pulse! notwendig! sind! Laserdioden! haben! den! Nachteil! daß! diese! aus! thermischen Gründen! nicht! im! gutegeschalteten! Pulsbetrieb! betrieben! werden! können! sondern! sich! lediglich! im! cw-Betrieb! ein- und! ausschalten! lassen! Um! die! erforderliche! Leistung! zu! erreichen! benötigt! man! eine! sehr! hohe Anzahl! von! Laserdiodenstacks! die! zur! Zeit! mehrere 10.000! DM! kosten.

[0008] Aus! der! US-5,620,478! ist! eine! Bestrahlungsanordnung! mit! einer! nichtkohärenten! Strahlungsquelle bekannt! die! als! Xenon-Hochdruckblitzlampe! ausgebildet! ist! Die! Blitzlampe! ist! dabei! in! einem! Reflektor! angeordnet! dem! ein! Lichtwellenleiter! zugeordnet! ist! in! den! der! erzeugte! optische! Strahlung! eingekoppelt! wird! und

dessen Austrittsfläche auf die bestrahlte Hautpartie aufgesetzt wird. Aufgrund der divergenten Strahlung der Lichtquelle ist eine Kühleinrichtung, wie dies von den Laseranordnungen bekannt ist, nicht möglich, da es an den Grenzschichten zu dem Kühlmittel zu Reflexionen und Streuungen kommen würde. Daher wird als Alternative ein für die NIR-Strahlung transparentes, kohlendes Gel vorgeschlagen, das auf die zu behandelnde Hautpartie aufgetragen wird. Wie sich jedoch in der praktischen Anwendung gezeigt hat, ist die Wärmeabfuhr durch das Gel zu gering, so daß es häufig zu Verbrennungen in der oberen Hautschicht kommt. Ein weiterer Nachteil ist, daß infolge der hohen Plasmatemperatur von 6000°C ein bis in den UVC-Bereich reichendes kontinuierliches Spektrum mit nur einem geringen NIR-Anteil erzeugt wird, so daß der Wirkungsgrad verhältnismäßig schlecht ist. Zudem sind daher aufwendige Filtermaßnahmen zur Unterdrückung der nicht gewünschten Spektralbereiche notwendig. Weiterhin benötigen die Blitzlampen aufgrund der hohen Temperaturen eine aufwendige Wasserkühlung, die Service- und Herstellkosten weiter erhöhen.

[0009] Aus der US-5,344,418 ist eine Bestrahlungsanordnung mit einer Hochdruckentladungslampe als NIR-Lichtquelle bekannt, deren emittierte Strahlung in einem Lichtwellenleiter eingekoppelt wird, über eine erste Linse gesammelt, über einen Spiegel umgelenkt, eine zweite Linse gesammelt und über eine weitere aus Saphir bestehende Linse aus der Anordnung austritt. Die Saphirlinse wird dabei von einem Kohlgas wie CO₂, Freon oder einem ähnlichen Gas umspült und entsprechend abgekühlt, wobei dann die gekühlte Saphirlinse direkt auf die zu behandelnde Hautpartie aufgesetzt wird. In einer alternativen Ausführungsform wird vorgeschlagen, daß das Licht aus dem Lichtwellenleiter direkt auf die Saphirlinse gestrahlt wird. Nachteilig an der bekannten Vorrichtung ist die geringe Wärmekapazität der Saphirlinse aufgrund des geringen Volumens. Verstärkt wird dieses Problem durch die Beschränkung auf Kühlgase, die im Vergleich zur Kohlfähigkeit erheblich weniger Wärme aufnehmen können. Flüssigkeiten können wegen der ansonsten auftretenden Dispersion an der Saphirlinse nicht verwendet werden. Ein weiteres Problem stellen thermisch isolierende Dampfschichten des Kohlgases oberhalb der Saphirlinse dar, die durch geeignete Verwirbelungstechnik vermieden werden müssen.

[0010] Aus der US-5,830,208 ist eine Bestrahlungsanordnung bekannt, bei der die Kühleinrichtung als Peltierelement ausgebildet ist. Der eine Nachteil der bekannten Anordnung ist, daß die handelsüblichen Peltierelemente nicht ausreichend Kühlleistung zur Verfügung stellen, um Verbrennungen der oberen Hautschicht zu verhindern. Bei einem Einsatz der Peltierelemente in einer Anordnung gemäß der US-5,344,418 stellt sich zusätzlich das Problem, daß eine seitliche Kühlung der Saphirlinse aufgrund der geringen Umfangsfläche der Linse nur ungenügend ist. Verstärkt

wird dieser Effekt durch die notwendige seitliche Fassung der Linse, die wiederum einen erhöhten Wärmeübergangswiderstand bildet. Zudem führen geringe Luftspalte zwischen der Fassung und der Saphirlinse zu einer bereits erheblich ins Gewicht fallenden thermischen Isolierung der Saphirlinse.

[0011] Aus der US-5,814,040 ist eine Bestrahlungsanordnung mit einem NIR-Laser bekannt, der eine Sprüheinrichtung für ein Kältemittel, vorzugsweise R 134 A zugeordnet ist, mittels derer die zu behandelnde Hautoberfläche kurzzeitig im Bereich von 10 ms bestrahlt und somit gekühlt wird. Dadurch sollen einerseits die erwähnten Verbrennungen in der oberen Hautschicht vermieden werden und andererseits sichergestellt werden, daß die tieferliegenden, zu erwärmenden Hautschichten nicht abgekühlt werden. Zwar führt die entstehende Verdunstungswärme zu einem schnellen Abkühlen des Gewebes, jedoch ist die Abkühlung nur schwer steuerbar, so daß zum einen nur sehr kurze Impulse im Bereich von 100 ms verwendet werden und zum anderen durch starkes Anblasen vermieden werden muß, daß sich eine thermisch isolierende Kohlmittelschicht ausbildet. Unter **ökologischen** Gesichtspunkten ist weiterhin das Entweichen von für den Abbau der Ozonschicht verantwortlichen FCKW's bedenklich. Ein weiteres Problem stellt bei Verwendung nichtkohärenter Strahlungsquellen die Unterbrechung des Strahlenganges dar. Zwischen Haut und Applikator muß ein Luftspalt verbleiben, der für die Zufuhr von Kühlmittel benötigt wird. Dadurch entstehen jedoch zusätzliche Grenzschichten, die bei inkohärenten Strahlungsquellen zu erheblichen Einkoppelungsverlusten führen.

[0012] Aus der US-4,233,493 ist eine Bestrahlungsanordnung zum Stoppen von Blutungen bei chirurgischen Eingriffen bekannt, umfassend eine als Glühlampe ausgebildete NIR-Lichtquelle, einen die IR-Lichtquelle umgebenden Reflektor, einen Lichtwellenleiter und eine an der Austrittsöffnung des Lichtwellenleiters angeordnete Kappe oder Scheibe, die beispielsweise aus Quarz oder Saphir besteht. Die Glühlampe ist dabei vorzugsweise als konventionelle Wolfram-Glühlampe ausgebildet.

[0013] Der Erfindung liegt daher das technische Problem zugrunde, eine Bestrahlungsanordnung zur optischen Thermolyse zu schaffen, mit der unter Einsatz einer inkohärenten NIR-Lichtquelle eine ausreichende Kühlleistung zur Verhinderung von Verbrennungen in den oberen Hautschichten verfügbar ist. Ein weiteres technisches Problem ist die Schaffung einer preiswerten und kompakten pulsaren NIR-Lichtquelle.

[0014] Die Lösung des technischen Problems ergibt sich durch die Merkmale der Patentansprüche 1, 6 und 7. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0015] Durch die einstückige Ausbildung des Lichtwellenleiters aus einem massiven Quarz oder Saphir,

dessen! Umfang! mindestens! teilweise! von! einem! in einem! geschlossenen! Kohlkreislauf! befindlichen! Kohlmittel! umstramt! wird,! stellt! der! Lichtwellenleiter! selbst eine! große! Warmesenke! dar,! so! daß! es! beim! direkten Aufsetzen! des! Lichtwellenleiters! auf! die! Hautoberfläche zu! keinen! Verbrennungen! kommt,! daß! die! Absorptionswärme! der! oberen! Hautschichten! Ober! eine! direkte Wärmeleitung! abgeführt! wird.! Ein! weiterer! Vorteil! der Anordnung! ist,! daß! durch! die! seitliche! Kohlung! sich! kein Kohimittel! im! Strahlengang! der! NIR-Lichtquelle! befindet. Ein! weiterer! Vorteil! der! Anordnung! ist,! daß! der Lichtwellenleiter! such! in! der! Lage! ist,! rockgestreute Warmestrahlung! bis! zu! einer! Wellenlänge! von! 51 m! wieder! einzukoppeln! and! abzuföhren.

[0016] Vorzugsweise! wird! als! Kohlmittel! eine! Kohlfliissigkeit! verwendet,! daß! diese! erheblich! mehr! Wärme im! Vergleich! zu! gasförmigen! Kuhlmitteln! abföhren! können.! Prinzipiell! können! alle! bekannten! Kohlfliissigkeiten verwendet! werden,! wie! beispielsweise! Wasser,! Alkohol oder! Glykol.! Der! Brechzahlunterschied! zwischen! Saphir bzw.! Quarz! zu! den! verwendeten! Kuhlmitteln! ist! dabei derart! groß,! daß! fast! eine! vollständige **Totalreflexion** im Lichtwellenleiter! auftritt.! Der! Strahlungsweg! wird! ähnlich wie! bei! einer! kleinen! Lichtleitfaser! bis! zum! Ort! des des! Hautkontaktes! nicht! unterbrochen,! so! daß! am! Austrittsort! gut! durchmisches! Licht! mit! einer! Apertur! aus dem! Verhältnis! der! beiden! Brechzahlen! austritt.

[0017] In! einer! weiteren! bevorzugten! Ausführungsform! ist! der! Lichtwellenleiter! zylindelförmig! oder! rechteckförmig! ausgebildet. Die! zylindelförmige Ausföhrungsform! laßt! sich! sehr! einfach! herstellen! and mittels! O-Ringen! abdichten,! wobei! der! Durchmesser des! Zylinders! beispielsweise! 12mm! bei! einer! Länge! von 70! mm! beträgt.! Der! Vorteil! einer! rechteckförmigen! Ausbildung! von! beispielsweise! 8mm! X! 35mm! ist,! daß! längere Gefaße! simultan! in! ihrem! Gesamtverlauf erwärmbar! sind,! so! daß! eine! Wirkungsverminderung durch! die! Eigenkühlung! des! Gefaßes! reduziert! wird.

[0018] In! einer! weiteren! bevorzugten! Ausführungsform! wird! das! langweilige! Infrarot! unterdrückt.! Hierzu gibt! es! prinzipiell! verschiedene! Möglichkeiten.! Im! einfachsten! Fall! wird! zwischen! der! NIR-Lichtquelle! and! der Stirnseite! des! Lichtwellenleiters! ein! entsprechender! Filter! angeordnet,! der! diesen! Spektralbereich! unterdröckt. Allerdings! stellt! die! thermische! Belastung! der! Filter! ein **Problem** dar.! Daher! wird! vorzugsweise! der! langweilige Infrarotfilter! der! das! Applikatorende! bildenden! Stirnseite! zugeordnet,! wo! dieser! beispielsweise! mittels! eines geeigneten! thermischen! and! optischen! Kitts! mit! der Stirnseite! verbunden! wird.

[0019] In! einer! alternativen! Ausführungsform! wird ausgenutzt,! daß! die! Kohlfliissigkeiten,! insbesondere Wasser! sehr! gute! langweilige! IR-Filter! darstellen.! Insbesondere! Wasser! filtert! exakt! die! Spektralbereiche heraus,! die! ansonsten! zu! einer! unerwünschten! Eiweißkoagulation! an! der! Hautoberfläche! föhren! konnten. Daher! wird! die! der! NIR-Lichtquelle! zugeordnete! Stirnseite! vollständig! innerhalb! der! Kohlfliissigkeit! angeord-

net.! Zwischen! der! NIR-Lichtquelle! and! der! Stirnseite wird! dann! der! Kohlkreislauf! mittels! eines! Quarz-oder Saphirfensters! verschlossen.! Die! zuvor! erwähnten! Probleme! beim! Durchgang! inkohärenter! Strahlung! durch eine! Fliossigkeitsschicht! können! durch! eine! entsprechende! große! Apertur! der! NIR-Lichtquelle! gelöst! werden,! was! später! noch! natter! erläutert! wird.

[0020] Eine! weitere! Möglichkeit! zur! Unterdröckung der! langwelligen! Infrarotstrahlung! besteht! darin,! beispielsweise! die! NIR-Lichtquelle! in! einem! Brennpunkt eines! Ellipsoid-Reflektors! anzuordnen,! in! dessen! anderem! Brennpunkt! die! Stirnseite! des! Lichtwellenleiters angeordnet! ist.! Der! Reflektor! besteht! aus! einem! langweiligen! Infrarotstrahlung! transmittierenden! Material! wie beispielsweise! Teflon.! Zur! Verhinderung! einer! direkten Einkopplung! von! der! NIR-Uchtquelle! in! den! Lichtwellenleiter! ist! im! direkten! Strahlengang! ein! Filter! oder! ein weiterer! Reflektor! angeordnet.! Der! Vorteil! dieser! Anordnung! ist,! daß! die! NIR-Nutzstrahlung! nicht! eine! Fliossigkeitsschicht! passieren! muß,! jedoch! verliert! die Bestrahlungsanordnung! aufgrund! des! Volumens! des Ellipsoid-Reflektors! etwas! von! seiner! Kompaktheit.

[0021] Eine! weitere! bevorzugte! Anwendung! bezieht sich! auf! den! Einsatz! der! Anordnung! zu! einer! gewebeschonenden! Kryotherapie.! Oblicherweise! wird! die! Kryotherapie! mit! einem! Metallapplikator! durchgeführt,! der von! innen! entweder! mit! einem! Kohlmittel,! wie! beispielsweise! R 134 A,! oder! direkt! mit! fliössigem! Stickstoff durchströmt! wird.! Setzt! man! einen! derartig! vorgekühlten! Applikator! auf! die! zu! behandelnde! Läsion,! wie! beispielsweise! ein! oberflächliches! Karzinom,! auf,! so kommt! es! entsprechend! der! gewebetypischen! Wärmeleitkonstante! and! dem! Wärmeübergang! zwischen Gewebe! and! Applikator! zu! einer! Kalteausbildung! im Gewebe.! Diese! Kalteausbildung! erfolgt! in! annähernd konzentrischen! Isothermen,! wobei! vor! allem! gröBere, schnell! fließende! Gefaße! das! isothermische! Ausbreitungsprofil! deformieren.

[0022] Der! erfrierungsbedingte! Gewebeschaden wird! durch! eisbedingte,! biophysikalische! Gewebeveränderungen! verursacht.! Insbesondere! intrazellulärem! Eis kommt! Ober! ein! direktes! Zerreißen! von! Zellmembranstrukturen! eine! besonders! schädliche! Rolle! zu.! Die! Entstehung! von! physikalisch! wirksamem,! intrazellulärem Eis! kann! nun! durch! bestimmte! Maßnahmen! verhindert werden.! Hierzu! gehören! die! Induktion! von! Scherkräften mit! Hilfe! von! Ultraschall,! Magnetfeldern! oder! photoakustischen! Verfahren.! DarOber! hinaus! ist! as! mit! Hilfe! einer gepulsten,! zeitlich **synchronisierten** Bestrahlung! der! zu schotzenden! Hautoberfläche! möglich,! den! Grad! des "undercooling"! erheblich! anzuheben.! Hierunter! versteht man! die! Absenkung! der! Temperatur! unterhalb! des Schmelzpunktes,! wobei! durch! Abwesenheit! von! Kristallisationskeimen! die! gewebeschädigende! Eisbildung erheblich! verhindert! werden! kann.

[0023] Mit! der! Anordnung! ist! es! somit! möglich,! tiefere! Gewebsstrukturen! einer! Kryotherapie! zu! unterziehen! and! gleichzeitig! durch! eine! Beeinflußung! der

oberen Gewebeschichten mit Hilfe von optischer, magnetischer und akustischer Energie derent Schädigung zu verhindern. Die bevorzugte Anwendung erlaubt nun erstmals auch die kryotherapeutische Behandlung von tieferen Gewebsstrukturen, wie beispielsweise Haarwurzeln oder Gefäßanomalien. Ein weiterer möglicher Vorteil der Kryotherapie ist ihre gewebsschonende Anwendung.

[0024] Im Gegensatz zu einer Kryotherapie kommt es bei einer Photokoagulation immer zu einer Protein-denaturierung. Dies ist 100% in der Regel immer eine starke Entzündungsreaktion aus, in dessen Rahmen die beteiligten Entzündungszellen sekundäre Schäden verursachen. Hierzu gehören beispielsweise Narben und Hyperpigmentierungen. Wird die erwünschte Gewebekrose nicht durch Hitzeeinwirkung sondern durch Kälteeinwirkung erzeugt, so ist die hierbei auftretende Nekrose mit einer wesentlich kleineren Entzündungsreaktion verbunden, da es zwar durch Mikrokristallbildung in den Einzelzellen zu einer Perforation der Zellwand, einen Austritt von **Intrazellulärflüssigkeit** und nachfolgendem Zelltod kommt, jedoch treten in diesem Fall zu keiner Zeit denaturierte Eiweiße auf. Kryotherapie wurde bisher ausschließlich mit Hilfe von Applikatoren durchgeführt, die eine Schonung der oberen Gewebeschichten nicht zulassen.

[0025] Die Bestrahlungsanordnung kann neben der bereits erwähnten optischen Thermolyse auch zur Behandlung von Hämorrhoiden, der lokalisierten Form der Schuppenflechte (Plaques), NIR-Bindegewebsinteraktion (Zellulite) sowie einiger Formen des Prostatahypertrophie-Symptomenkomplexes verwendet werden. Bei einer Senkung der Bestrahlungsstärke kann die Bestrahlungsanordnung bei chronisch rezidivierenden Entzündungen im Nasennebenhöhlen- und Stirnhöhlenbereich eingesetzt werden, wo der schleimösende Einfluß derartiger Wärmebehandlungen ausgenutzt wird. Ein weiteres Anwendungsfeld ist die günstige Beeinflussung von Kollagensynthesisierenden Fibroblasten, bei denen durch NIR eine Änderung des Kollagensyntesemusters erreicht werden kann. Hiermit ist sowohl eine positive Beeinflussung von alterungsbedingten Hautfalten als auch der bindegewebsbedingten ungleichmäßigen Fettzellenanordnung (Zellulite) möglich.

[0026] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform umfaßt die NIR-Lichtquelle eine Wolfram-Nacktwendel, einen halboffenen Reflektor, eine Schutzgasquelle und eine Spannungspulse erzeugende Spannungsquelle, wobei die Wolfram-Nacktwendel einseitig im Reflektor gesockelt und mit der Spannungsquelle verbunden ist, der Lichtwellenleiter in den halboffenen Reflektor hineinragt, so daß zwischen Lichtwellenleiter und Reflektor eine Öffnung definiert wird, über die Schutzgas in den Reflektor ein- und/oder ableitbar ist. Vorzugsweise ist der Reflektor als Keramikreflektor ausgebildet und derart dimensioniert, daß dieser direkt auf den Lichtwellenleiter aufgesetzt wer-

den kann. Hierbei kommt es nicht zu einem luftdichten Abschluß, sondern es verbleibt entweder ein umlaufender Randspalt, oder es wird über eine oder mehrere kleine Kerben eine Undichtigkeit erzeugt. Über eine externe Zuleitung, beispielsweise eine feine Bohrung in der Nähe des Wendelsockels, wird dann das Schutzgas eingeleitet und kann über die Öffnungen zwischen Lichtwellenleiter und Reflektor entweichen. Dadurch entsteht eine äußerst kompakte Anordnung, bei der der Abstand zwischen der emittierenden Wolfram-Nacktwendel und dem Lichtwellenleiter sehr gering ist, so daß die Einkoppelverluste ebenfalls sehr gering sind. Des Weiteren erlaubt diese Anordnung ein einfaches Auswechseln von defekten Wendeln, sowie den problemlosen Einsatz verschiedener Wendelgeometrien, wobei vorzugsweise Flachwendeln zur Anwendung kommen. Ein weiterer Vorteil dieser Anordnung ist, daß diese vollkommen drucklos aufgebaut ist, so daß keinerlei Explosionsgefahr besteht. Im Falle eines Versagens der Schutzgaszufuhr verglüht lediglich die Wendel in wenigen Millisekunden, und das Gerät stellt seine Funktion ein. Im Gegensatz zu gepulsten Gasentladungslampen entfallen bei dieser Anordnung Hochspannungsbauteile. Bei Verwendung von Niedervoltwendeln und der Bereitstellung entsprechend dimensionierter Kupferzuleitungen kann die Lichtquelle beispielsweise mit 48 V gepulst werden, wodurch die Patientensicherheit weiter erhöht wird. Ein weiterer Vorteil des Schutzgasstromes ist, daß die Glühwendel stärker im Überlastbereich betrieben werden kann, ohne daß es zu einem Aufschmelzen kommt, da der Schutzgasstrom als Kühlmittel für die Wendel wirkt. Des Weiteren ist es möglich, die Oberfläche der Glühwendel mit einer geeigneten Mikrostrukturierung auszubilden, um durch Interferenzeffekte das abgestrahlte Spektrum zu beeinflussen. Da die Strukturierung von Mehrfachwendeln relativ aufwendig ist, kann daher in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform eine Wolframfolie verwendet werden, wie sie aus Bandlampen bekannt ist. Diese Wolframfolie kann dann beispielsweise durch chemische Bedampfungsverfahren oder Ionenaetzung mikrostrukturiert werden.

[0027] Alternativ kann die pulsable NIR-Lichtquelle durch eine Glühwendel-Halogenlampe realisiert werden, die beispielsweise von einer Kondensatorbatterie mit einem rechteckförmigen Überspannungspuls von beispielsweise 500 V über 20-200 ms betrieben wird. Trotz der extremen Stromstärken von mehreren 10 A kommt es nicht zu einem Durchglühen der Wendel, sondern zu einer **Überraschend extremen** Verkürzung der Anstiegszeit in eine **Großenordnung** von 7 ms (Vergleich: Wird eine handelsübliche Glühwendel-Halogenlampe ans Netz geschaltet, so ist die Anstiegszeit ungefähr 200-300 ms). Durch die extreme Kurzzeit-Überlastung kommt es darüber hinaus zu einer Erhöhung der Wendeltemperatur auf über 3000°C und hiermit zu einer Verschiebung des Strahlungsmaximums zu kleineren Wellenlängen. Bei einer bevorzug-

ten Ausführung der Glühwendel aus Wolfram verschiebt sich das Maximum von 1000 nm auf 870 nm. Neben einer besseren Ausnutzung des sogenannten optischen Fensters der Haut, ist auch die Flächenleistung der Glühwendel in Folge ihrer höheren Temperatur und der damit verbundene Wirkungsgrad signifikant erhöht. Ein weiterer Vorteil dieser Betriebsart bezieht sich auf die Beeinflussung der Wolframwendelstruktur selbst. Im **Herstellungsprozeß** wird ein faseriges Drahtmaterial verwendet, das eine ausreichende Duktilität für die Biegevorgänge besitzt. Für einen befriedigenden Lampenbetrieb ist die Umsetzung in eine kristalline Struktur günstig. Beispielsweise wird in der US-4,012,659 und der US-4,020,383 beschrieben, daß elektrische Pulse die Lebensdauer von normalen Glühlampen günstig beeinflussen. Neben der Wolframrekristallisierung wird erwähnt, daß mit Hilfe der Pulse Kontaktprobleme, beispielsweise aufgrund von Oxidation, zwischen der Drahtaufhangung und der Wolframwendel beseitigt werden können.

[0028] Eine weitere Möglichkeit, die Abstrahlleistung weiter zu erhöhen, ist eine möglichst enge Ummantelung der Halogenlampe durch einen Reflektor, der lediglich im Auskoppelbereich geöffnet ist, wobei der Reflektor beispielsweise als polierter Metallreflektor ausgebildet ist. Hierdurch kommt es zu einer Reabsorption der reflektierten Strahlung durch die Wendel und damit zu einer weiteren Erhöhung des Wirkungsgrades im Nutzstrahlbereich.

[0029] Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die Fig. zeigen:

- Fig.1 eine Prinzipdarstellung einer Bestrahlungsanordnung zur optischen Thermolyse,
 Fig.2 einen Längsschnitt durch den Lichtwellenleiter,
 Fig.3 eine Prinzipdarstellung der Bestrahlungsanordnung mit unterdrückter langwelliger Infrarotstrahlung und
 Fig.4 eine Prinzipdarstellung einer Bestrahlungsanordnung für die Kryotherapie.

[0030] Die Bestrahlungsanordnung 1 zur optischen Thermolyse umfaßt eine pulsable NIR-Lichtquelle 2, einen Lichtwellenleiter 3 und eine Kühleinrichtung 4. Die Kühleinrichtung 4 umfaßt neben einem Sammelgefäß für die Kühlflüssigkeit 9 einen Zulauf 5, einen Abfluß 6 und einen zylinderschalenförmigen Bereich 7, der den Lichtwellenleiter 3 nahezu vollständig umgibt. Der zylinderschalenförmige Bereich 7 ist mittels O-Ringen 8 hermetisch dicht um den Lichtwellenleiter 3 herum angeordnet, so daß sich ein geschlossener Kühlkreislauf ergibt. Der Lichtwellenleiter 3 ist als massiver Zylinder aus Saphir oder Quarz ausgebildet, dessen der NIR-Lichtquelle 2 zugewandte Stirnfläche 10 möglichst dicht der NIR-Lichtquelle 2 zugeordnet ist. Die gegenüberliegende Stirnseite 11 bildet das Applikatorende,

das direkt auf einen zu behandelnden Hautbereich 12 aufgesetzt wird. Die NIR-Lichtquelle 2 ist als Glühwendel-Halogenlampe mit einer Glühwendel 13 aus Wolfram ausgebildet, die mittels einer nicht dargestellten Spannungsquelle im Überlastbereich angesteuert wird. Um den Quarzkolben der **Glühwendel-Halogenlampe** ist ein Reflektor angeordnet, der nur im Bereich der Stirnfläche 10 des Lichtwellenleiters 3 offen ist. Die von der NIR-Lichtquelle 2 emittierte NIR-Strahlung wird in die Stirnseite 10 eingekoppelt und tritt an der Stirnseite 11 aus. Die austretende NIR-Strahlung dringt dann in die Haut 12 ein und wird **von den Gefäßen absorbiert**. Der fast vollständig von Kühlflüssigkeit 9 umströmte **Lichtwellenleiter 3** stellt dann eine sehr große Wärmesenke für die oberste Hautschicht dar und verhindert so Verbrennungen aufgrund zu großer Wärmeentwicklung. Somit übernimmt der Lichtwellenleiter 3 in der Bestrahlungsanordnung 1 eine Doppelfunktion, nämlich die des optischen Leiters und die eines Kühlelementes. Daher muß das Material sowohl ausreichend gute optische als auch thermische Eigenschaften hinsichtlich der Wärmeleitfähigkeit aufweisen. Diese beiden **Eigenschaften** werden sehr gut von Saphir. Quarz und Diamant erfüllt, wobei letzterer zwar physikalisch am geeignetsten ist, jedoch auch am teuersten ist, so daß zumindest derzeit aus kostentechnischen Gründen eine Verwendung nicht in Frage kommt. Prinzipiell kamen aber Kunststoffe in Frage, die die beiden notwendigen physikalischen Eigenschaften miteinander vereinen.

[0031] In der Fig.2 ist der Lichtwellenleiter 3 im Längsschnitt dargestellt. Die NIR-Nutzstrahlung 14 bewegt sich mittels Totalreflexion im Lichtwellenleiter 3 fort, wenn der Aufttrittswinkel an der Grenzfläche zur Kühlflüssigkeit 9 größer als ein Grenzwinkel ist. Dieser von den Brechzahlen abhängige Grenzwinkel liegt für Saphir und die üblichen Kühlflüssigkeiten bei ca. 30°, so daß die Ausbreitungsverluste äußerst gering sind. Aufgrund des Temperaturgradienten an der Haut 12 kommt es zu einem direkten Wärmestrom 15 von der Haut 12 zum Lichtwellenleiter 3, wo die Wärme über die Kühlflüssigkeit 9 abgeführt wird. Des Weiteren wird von der Haut 12 reflektierte Wärmestrahlung 16 in die Stirnseite 11 des Lichtwellenleiters 3 eingekoppelt und ebenfalls abgeführt.

[0032] In der Fig.3 ist eine Bestrahlungsanordnung 1 mit Unterdrückung langwelliger Infrarotstrahlung dargestellt. Der wesentliche Unterschied zur Bestrahlungsanordnung 1 gemäß Fig.1 besteht darin, daß die der NIR-Lichtquelle 2 zugeordnete Stirnseite 10 des Lichtwellenleiters 3 sich vollständig innerhalb der Kühlflüssigkeit 9 befindet. Zwischen der NIR-Lichtquelle 2 und der Stirnseite 10 ist der Kühlkreislauf mittels eines Quarz- oder Saphirfensters 17 abgeschlossen. Die Apertur der NIR-Lichtquelle 2 und des Quarz- oder Saphirfensters 17 ist dabei wesentlich größer als die der Stirnseite 10 des Lichtwellenleiters 3. Bei diesem Aufbau sind folgende Überlegungen von Interesse.

[0033] Jeder Lichtwellenleiter 3 oder jede Lichtleit-

faser! weist einen! Öffnungswinkel! auf! Strahlung! die innerhalb! dieses! Winkels! auf! den! Lichtwellenleiter! trifft, wird! eingekoppelt! and! mittels! Totalreflexion! weitergeleitet. Strahlung! auf! 3erhalb! dieses! Winkels! geht! durch Reflexion! beim! Einkoppeln! bzw.! als! Transmissionsverlust! im! Lichtwellenleiter! verloren! Der! Öffnungswinkel! ist abhängig! von! der! Differenz! der! Brechungsindices. Bei! Luft! als! Umgebung! gilt:

$$\sin \theta = (n_{\text{Kern}}^2 - n_{\text{Mantel}}^2)^{1/2}$$

wobei! θ ! der! Akzeptanzwinkel! der! Faser! ist! Befindet! sich der! Lichtwellenleiter! 3! ohne! separaten! Mantel! an! der Luft! so! ist! der! Akzeptanzwinkel! 90°! für! alle! Materialien mit! einem! Brechungsindex! größer! 2¹¹², so! daß! die gesamte! Strahlung! aus! dem! Halbraum! in! die! Faser! eingekoppelt! and! weitergeleitet! wird! Da! der! Brechungsindex! von! Saphir! 1,77! beträgt, existiert! ein Akzeptanzwinkel! von! 90°! für! alle! Mantelmaterialien! mit einem! Brechungsindex! kleiner! 1,46! (z. B.! Wasser)! Aufgrund! der! winkelabhängigen! Reflexion! treten! erhebliche Reflexionsverluste! bei! Einfallswinkeln! größer! 70°! auf. Aufgrund! dieser! Tatsache! können! die! Einkoppel-Verluste! durch! den! Durchgang! durch! die! wasserhaltige! Kuhlflüssigkeit! 9! durch! eine! entsprechend! vergrößerte Apertur! der! Glühwendel! 13! bzw.! der! Bandwendel! kompensiert! werden.

[0034] Das! Quarzfenster! 17! ist! beispielsweise! 2 mm! dick! and! der! Abstand! zwischen! der! Innenseite! des Quarzfensters! 17! zur! Stirnfläche! 10! des! Lichtwellenleiters! 3! ca.! 4! mm! Daraus! ergibt! sich! bei! einem! Durchmesser! des! Lichtwellenleiters! 3! von! 13! mm! ein optimaler! Durchmesser! der! NIR-Lichtquelle! 2! von! 24 mm! Die! Ausbildung! des! Fensters! 17! aus! Quarz! hat gegenüber! Saphir! neben! dem! Vorteil! der! geringeren Kosten! den! weiteren! Vorteil! ,! daß! das! Quarz! bereits einen! Teil! des! langwelligen! infraroten! Lichtes! absorbiert. Die! restliche! langwellige! infrarotstrahlung! wird! dann! von der! Kuhlflüssigkeit! 9! absorbiert! Zur! Unterdrückung möglicher! Anteile! der! Nutzstrahlung! im! sichtbaren Bereich! können! diese! durch! geeignete! Farbstoffe! in! der Kuhlflüssigkeit! herausgefiltert! werden.

[0035] In! einer! alternativen! Ausführungsform! wird das! Quarzfenster! 17! and! die! darunterliegende! Flüssigkeitsschicht! durch! einen! Konus! aus! optisch! transparentem! Material! ersetzt. Als! Material! kommen insbesondere! Quarz! oder! BK7-Glas! in! Frage! Die! Stirnflächen! des! Konus! sind! vorzugsweise! plangeschliffen and! poliert! Der! lampennahe! Durchmesser! der! ersten Stirnfläche! beträgt! beispielsweise! 30! mm! ,! wohingegen der! lampenferne! Durchmesser! ca.! 12! mm! beträgt! Der Konuswinkel! liegt! dabei! zwischen! 10-15°! Vorzugsweise ist! der! gesamte! Konus! von! einem! infrarotreflektierenden! Trichter! umgeben! ,! der! vorzugsweise! durch! eine Goldschicht! gebildet! wird! Zwischen! Trichter! and! Konus bleibt! ein! Randspalt! erhalten! ,! um! einerseits! die! Totalreflexion! zwischen! Konusmaterial! and! Luft! auszunutzen. Andererseits! will! der! vergoldete! Trichter! Lichtstrahlen

zurück! in! das! optische! System! ,! die! den! Grenzwinkel! für die! Totalreflexion! überschritten! hatten! Die! optische Kopplung! zwischen! der! lampenfernen! Stirnfläche! des Konus! and! des! Lichtwellenleiters! 3! erfolgt! vorzugsweise durch! Silikonöl! im! Kapillarspalt! beider! Stirnflächen! Der Lichtwellenleiter! 3! ist! vorzugsweise! als! Saphirstab! ausgebildet! and! wird! teilweise! im! Mantelbereich! durch! eine Flüssigkeitsperfusion! gekühlt! In! Abhängigkeit! von! der Infrarotabsorption! des! Perfusionskühlmittels! kann! es vorteilhaft! sein! ,! den! Saphirzylinder! im! Bereich! des! Flüssigkeitsmantels! zu! vergolden! ,! daß! der! Flüssigkeitsmantel im! Vergleich! zu! einem! Luftmantel! den! Grenzwinkel! für die! Totalreflexion! absenkt! Alternativ! zur! Goldschicht auf! dem! Saphirzylinder! kann! dieser! auch! in! einer! Hülse aus! IR-reflektivem! Material! geführt! werden! Patienten-seitig! ragt! der! Saphir! ca.! 2-3! cm! aus! der! Fassung! ,! um eine! möglichst! hohe! optische! Transparenz! der! Behandlungsfäche! zu! gewährleisten! Die! mittel-! and! langwellige! IR-Absorption! wird! entweder! durch! den! Werkstoff des! Konus! ,! wie! beispielsweise! BK7-Glas! ,! oder! mittels Filtern! erreicht! ,! wobei! die! Filter! vorzugsweise! zwischen Konus! and! Saphirzylinder! angeordnet! werden.

[0036] In! der! Fig. 4! ist! eine! Bestrahlungsanordnung 1! für! die! Kryotherapie! dargestellt! ,! die! in! ihrem! Aufbau der! Bestrahlungsanordnung! 1! gemäß! Fig. 3! entspricht. Zusätzlich! weist! die! Bestrahlungsanordnung! 1! einen piezokeramischen! Ultraschalltransducer! 18! auf! ,! der eine! ungewollte! Eiskristallbildung! verhindern! soll! Diese Betriebsart! unterscheidet! sich! von! der! vorher! genannten! optischen! Thermolyse! dadurch! ,! daß! die! erwünschten! Gewebseinwirkungen, wie! beispielsweise Thrombosierung! von! Krampfaden! ,! nicht! in! einer! Warmezufuhr! sondern! in! einem! Wärmeentzug! bestehen. Deshalb! ist! es! erforderlich! ,! die! Temperatur! des! Kühlmittelanplikators! so! weit! wie! möglich! zu! senken! ,! wozu! als Kuhlflüssigkeit! 9! vorzugsweise! flüssiger! Stickstoff! verwendet! wird! Die! optische! Energie! der! NIR-Lichtquelle! 2! wird! in! diesem! Fall! lediglich! für! die! Erwärmung! der obersten! Hautschichten! verwendet! Die! hierfür! erforderliche! Energie! von! beispielsweise 5! -! 20! J! ist! wesentlich! geringer! als! für! die! direkte! Photo-koagulation! von! beispielsweise! 100! -! 300! J! In! Abhängigkeit! von! der! gewebstypischen! Anzahl! an Kristallkeimpunkten! sowie! deren! Wachstumsverhalten ist! es! sinnvoll! ,! eine! hierauf! abgestimmte! gepulste Bestrahlung! durchzuführen! Hierdurch! wird! in! den! oberen! Gewebsschichten! ein! zyklischer! Temperaturverlauf erzeugt! ,! der! die! Entstehung! von! intrazellulärem! Eis! verhindert! Hierdurch! kann! die! Temperatur! zum! Teil! weit unter! den! Schmelzpunkt! der! Gewebeflüssigkeit! abgesenkt! werden! ,! ohne! daß! es! zu! einer! Eiskristallbildung! im Gewebe! kommt! Die! durch! den! Ultraschall-Transducer 18! erzeugte! Ultraschallenergie! verursacht! darüber! hinaus! Scherkräfte! ,! die! der! Eiskristallbildung! zusätzlich! entgegenwirken.

[0037] Das! Gewebe! wird! in! diesem! sogenannten Zustand! des! "supercooling"! in! keiner! Weise! geschädigt, da! lediglich! alle! biochemischen! Prozesse! reversibel

stark! verlangsamt! werden! ,ohne! daB! es! zu! einem mechanischen! Zell!-oder! Gewebeschaden! kommt! Fur die! Gefrierwirkung! auf! das! tieferliegende! Gewebe! ist der! mittlere! Temperaturgradient! der! Gewebeoberfläche zum! tieferen! Gewebe! entscheidend! Da! Temperaturen von! unterhalb! ca! -40°C! ausreichen! ,irreversible! Gewebeschäden! zu! erzeugen! ,muß! die! Temperatur! des! KOH-mittelapplikators! so! tief! gew! hlt! werden! ,daB! unter Berücksichtigung! des! zu! erreichenden! supercooling-Zustandes! bzw! der! zyklischen! Temperaturanhebung! in Gefrierpunktsnähe! immer! noch! ein! ausreichender! Kaltegradient! vorhanden! bleibt! Ein! direkt! mit! flüssigem Stickstoff! gefüllter! Saphirapplikator! , durch! dessen Querschnitt! eingestrahle! optische! Energie! die! oberen Hautschichten! bis! auf! 0°C! kurzzeitig! erwärmt! , verursacht! einen! effektiven! Temperaturgradienten! von! beispielsweise! ca! -80! °C! Diese! Temperatur! ist! mehr! als ausreichend! , um! eine! ausreichend! schnelle! Gefrierzonenausbreitung! in! den! gewünschten! Arealen! zu! erreichen.

Patentansprüche

1. Bestrahlungsanordnung! , insbesondere! zur! optischen! Thermolyse! , umfassend! eine! nichtkohärente NIR-Lichtquelle! , einen! der! NIR-Lichtquelle! zugeordneten! Lichtwellenleiter! and! eine! KOHleinrichtung! ,
dadurch! gekennzeichnet! , daB
der! Lichtwellenleiter! (3)! ein! Ockig! aus! einem! massiven! Saphir! oder! Quarz! gebildet! ist! , um! dessen Umfang! mindestens! teilweise! ein! in! einem geschlossenen! KOHkreislauf! befindliches! KOHmittel! sich! befindet.
2. Bestrahlungsanordnung! nach! Anspruch! 1! , dadurch gekennzeichnet! , daB! das! KOHmittel! als! KOHflüssigkeit! (9)! ausgebildet! ist.
3. Bestrahlungsanordnung! nach! Anspruch! 1 oder 2, dadurch! gekennzeichnet! , daB! der! Lichtwellenleiter! (3)! zylinder!-oder! quaderförmig! ausgebildet! ist.
4. Bestrahlungsanordnung! nach! einem! der! vorangegangenen! AnsprUche! , dadurch! gekennzeichnet! , daB! der! Stirnseite! (11)! des! Lichtwellenleiters! (3)! ein langweilliger! Infrarotfilter! zugeordnet! ist.
5. **Bestrahlungsanordnung** nach! einem! der! Anspruche! 2! oder! 3! , dadurch! gekennzeichnet! , daB! die Stirnseite! (10)! des! Lichtwellenleiters! (3)! innerhalb der! KOHflüssigkeit! (9)! angeordnet! ist! and! der! KOHkreislauf! im! Bereich! zwischen! der! NIR-Lichtquelle (2)! and! der! Stirnseite! (10)! des! Lichtwellenleiters! (3)! mittels! eines! Quarz!-oder! Saphirfensters! geschlossen! ist.
6. Bestrahlungsanordnung! nach! einem! der! AnsprO-

the! 2! bis! 4! , dadurch! gekennzeichnet! , daB! zwischen der NIR-Lichtquelle (2) and dem Uchtwellenleiter! (3)! ein! Konus! aus! optisch! transparentem! Material! angeordnet! ist! , dessen! kleinerer Durchmesser! dem! Lichtwellenleiter! (3)! zugeordnet ist.

7. Bestrahlungsanordnung nach Anspruch 6! , dadurch! gekennzeichnet! , daB! der! Konus! aus! Quarz oder! BK7-Glas! besteht.
8. Bestrahlungsanordnung! nach! Anspruch! 6! oder! 7, dadurch! gekennzeichnet! , daB! um! den! Konus! ein infrarotreflektierender! Trichter! angeordnet! ist.
9. Bestrahlungsanordnung! nach! einem! der! AnsprOche! 2! bis! 8! , dadurch! gekennzeichnet! , daB! der Lichtwellenleiter! im! Bereich! der! Flüssigkeitskühlung mit einer! infrarotreflektierenden Schicht beschichtet! oder! in! einer! infrarotreflektierenden Hülse! geführt! ist.
- 10! Pulsbare! NIR-Lichtquelle! zur! Erzeugung! von! Pulslängen! größer! 20ms! , insbesondere! zur! Verwendung! in! einer! Bestrahlungsanordnung! nach! einem der vorangegangenen AnsprOche! , dadurch gekennzeichnet! , daB! die! NIR-Lichtquelle! (2)! eine Wolfram-Nacktwendel! , einen! halboffenen! Reflektor! , einen! Lichtwellenleiter! (3)! , eine! Schutzgasquelle and! eine! Spannungspulse! erzeugende Spannungsquelle! umfaßt! , wobei! die! Wolfram-Nacktwendel! einseitig! im! Reflektor! gesockelt! and mit! der! Spannungsquelle! verbunden! ist! , der! Lichtwellenleiter! (3)! in! den! halboffenen! Reflektor! hineinragt! , so! daB! zwischen! Lichtwellenleiter! (3)! and Reflektor! eine! Öffnung! definiert! wird! , Ober! die Schutzgas! in! den! Reflektor! ein!-and! oder! ableitbar ist.
11. Pulsbare! NIR-Lichtquelle! zur! Erzeugung! von! Pulslängen! größer! 20ms! , insbesondere! zur! Verwendung! in! einer! Bestrahlungsanordnung! nach! einem der! Anspruche! 1! bis! 3! , dadurch! gekennzeichnet! , daB! die! NIR-Lichtquelle! (2)! als **GIOhwendel-Halogenlampe!** ausgebildet! ist! , der! eine! Spannungspulse! erzeugende! Spannungsquelle! zugeordnet! ist! , wobei! die! Spannungspulse! einen! Oberlastbetrieb! der! GIOhwendel-Halogenlampe! erzeugen.
- 12! Pulsbare NIR-Lichtquelle nach Anspruch! 11, dadurch! gekennzeichnet! , daB! die! GIOhwendel! (13) aus! Wolfram! gebildet! ist.
- 13! Pulsbare! NIR-Uchtquelle! nach! Anspruch! 11! oder 12! , dadurch! gekennzeichnet! , daB! um! den! Quarzhohlraum! der! GIOhwendel-Halogenlampe! teilweise ein! Reflektor! angeordnet! ist.

14. Pulsbare NIR-Lichtquelle nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die strahlende Fläche durch chemische und/oder physikalische Verfahren mikrostrukturiert ist, so daß unerwünschte Wellenlängen interferenzoptisch ausgelöscht werden.

10

15

20

25

30

35

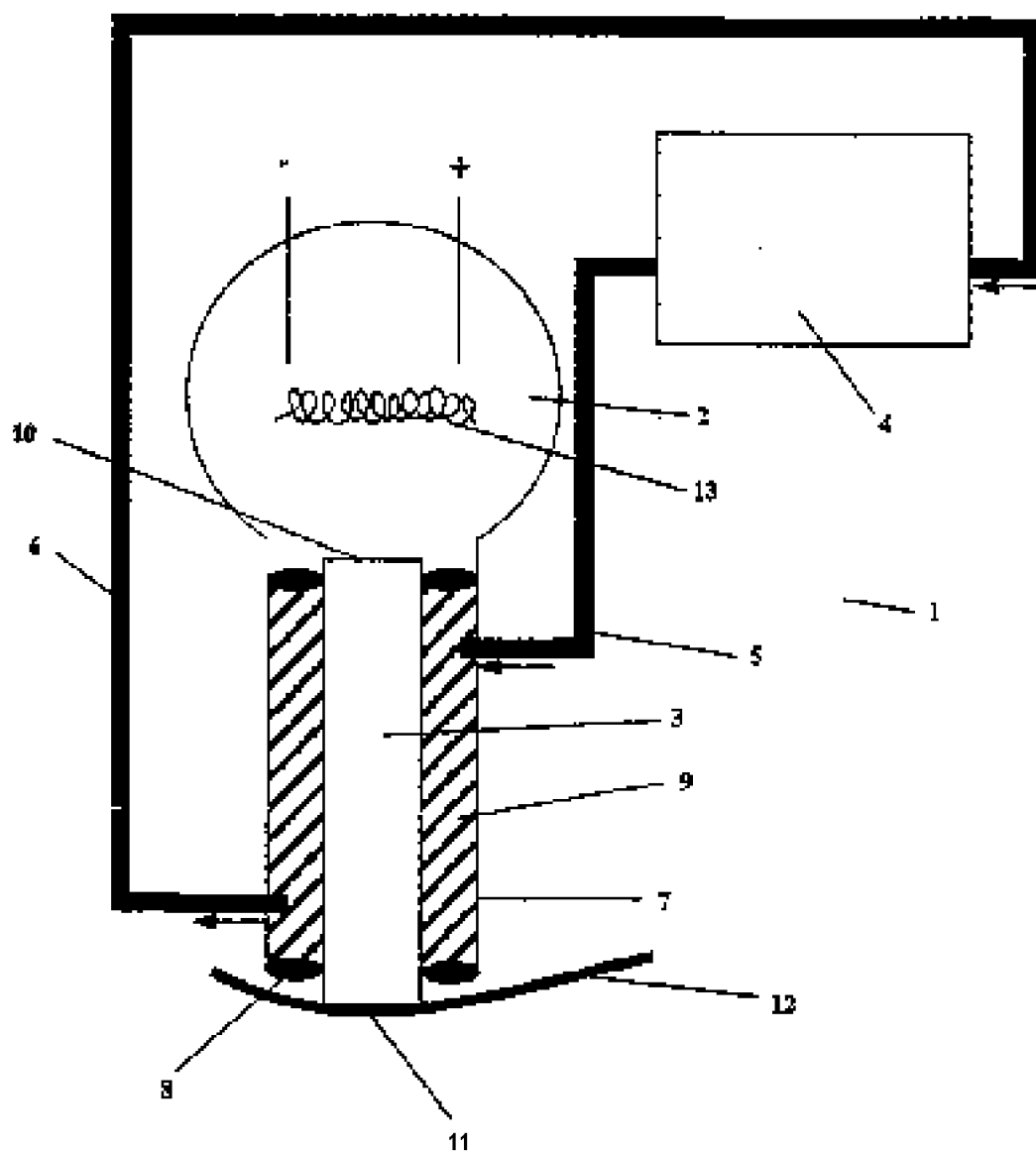
40

45

50

55

Fig.1



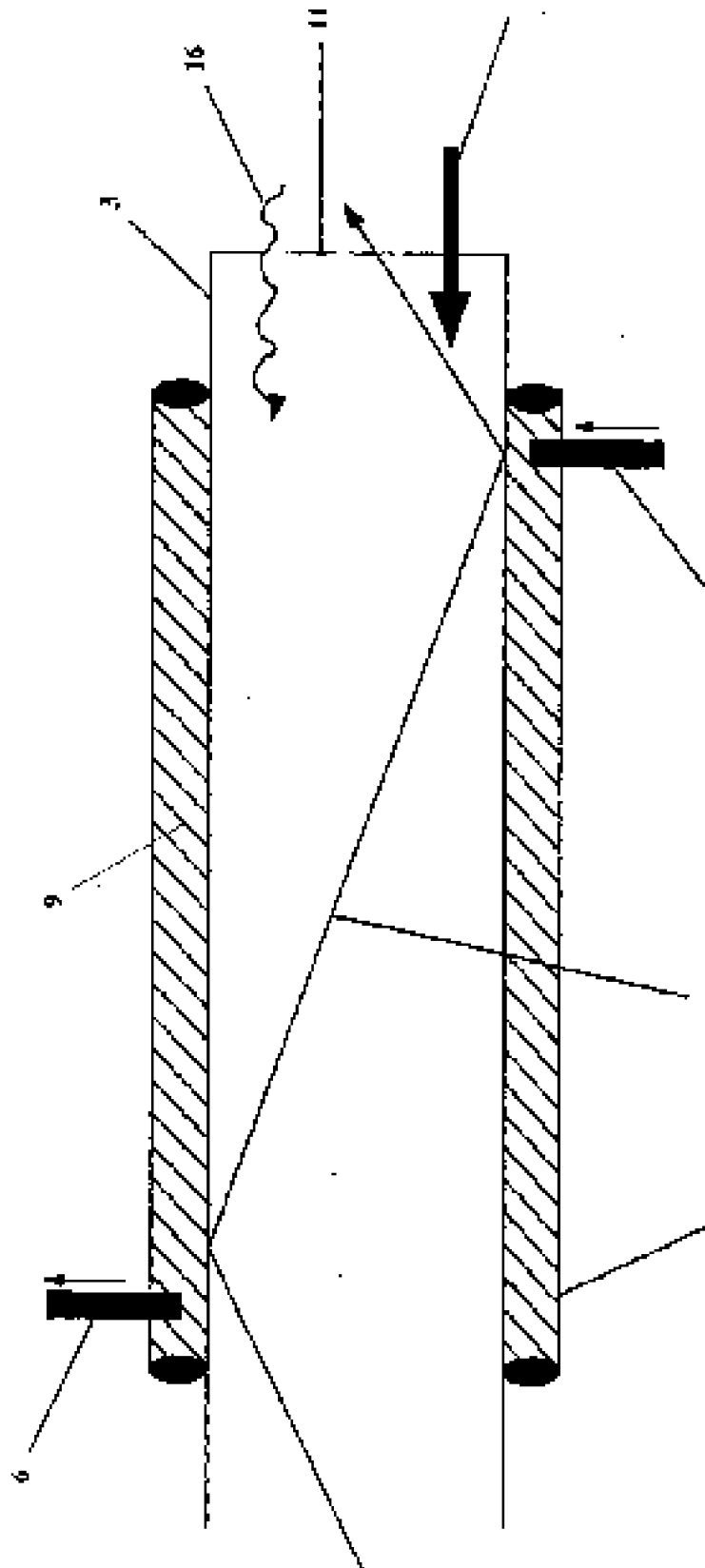


Fig3

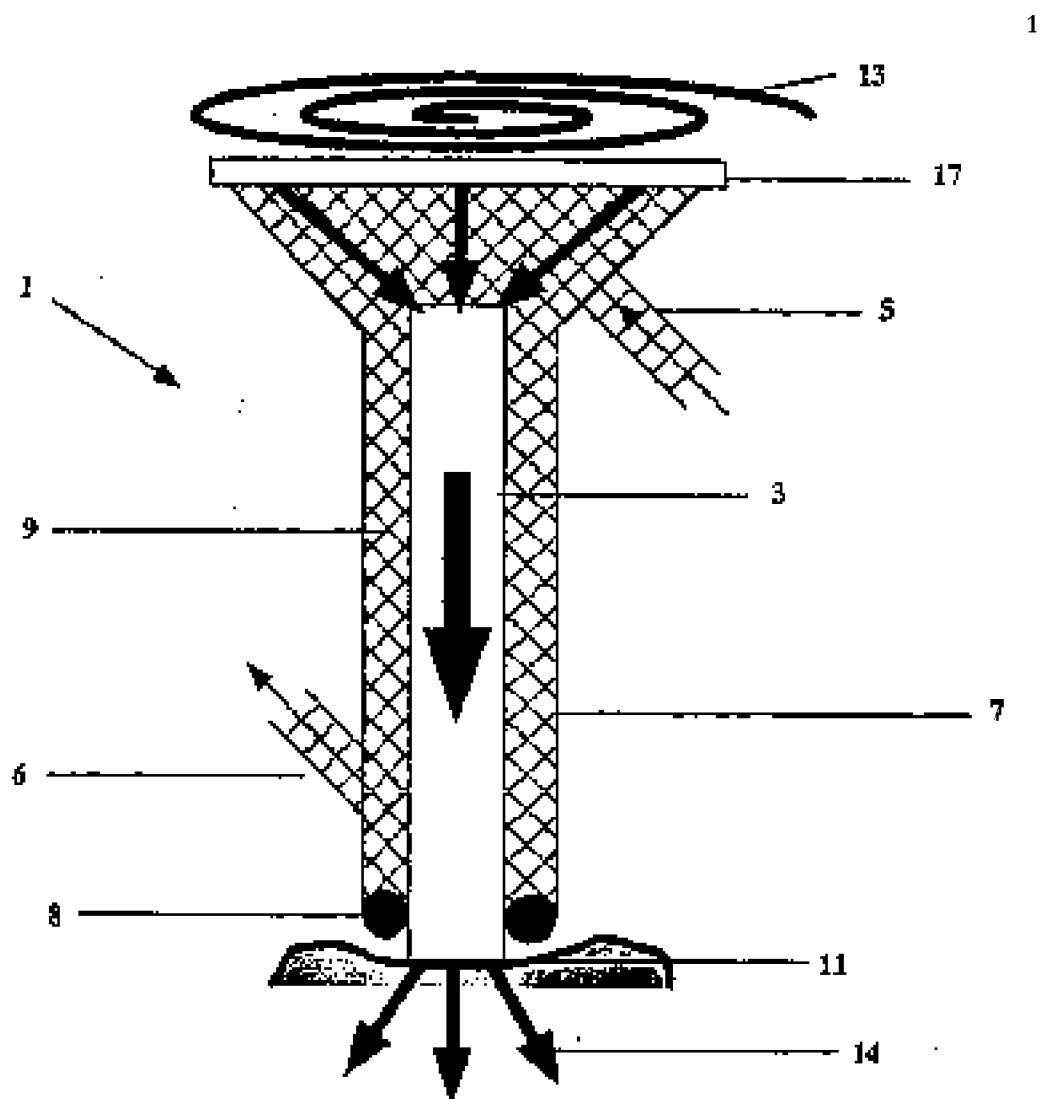


Fig.4

